

Runpippi®

測定データ分析
取扱説明書抜粋版

はじめに

本書は、加速度測定器Runpippi の取扱説明書の抜粋版です。
陸上競技ランナーの加速度データを分析するソフトウェアの説明書です。

Runpippi を使用するにはWindows搭載パソコンが必要です。

注) Windowsはマイクロソフト社の商標です。

Runpippiは有限会社ケーニヒの登録商標です。

目 次

1. 加速度について.....	1
3. パソコンソフトの導入.....	2
3.1 導入に必要なソフトウェア／ハードウェア.....	2
3.2 導入方法.....	2
5. パソコンソフトの起動.....	4
7. 測定データの取り込み.....	4
7.2.1 ファイルからの読込.....	4
7.2.2 保存ファイル名の選択.....	5
8. 加速度度数分布のグラフ.....	5
8.1 前進加速度.....	6
8.2 離地後の後退加速度.....	7
8.3 着地ブレーキ.....	10
8.4 左右方向加速度(絶対値).....	11
8.5 着地中の左右方向加速度.....	12
8.6 上向加速度.....	14
8.7 角速度.....	15
9. 走行データの分析.....	16
9.1 加速度－時刻グラフ.....	16
9.2 二歩毎の加速度－時刻グラフ.....	17
9.3 平均値の表.....	18
9.4 メトロノーム同期の安定性.....	19
10. スピードの分析.....	20
10.1 データの選択.....	21
10.2 タイムの入力.....	22
10.3 前進加速度のピーク から 離地後の後退加速度のボトム までの高低差で分析	23
10.4 前進ピーク加速度での分析.....	25
10.5 上向ピーク加速度での分析.....	26
10.6 ピッチによるスピード分析.....	27

1. 加速度について

走行中の加速度ってどんなもの？

右の図は腰部の加速度波形です。座標軸の極性は、前後方向は前が正、左右方向は右が正、上下方向は上が正です。

被験者は400m走47秒台の記録を持ちます。図は100mを11.41秒で走行したときのスタートから約5秒後の波形です。

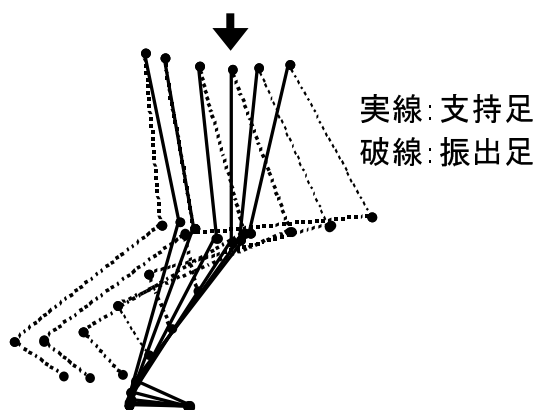
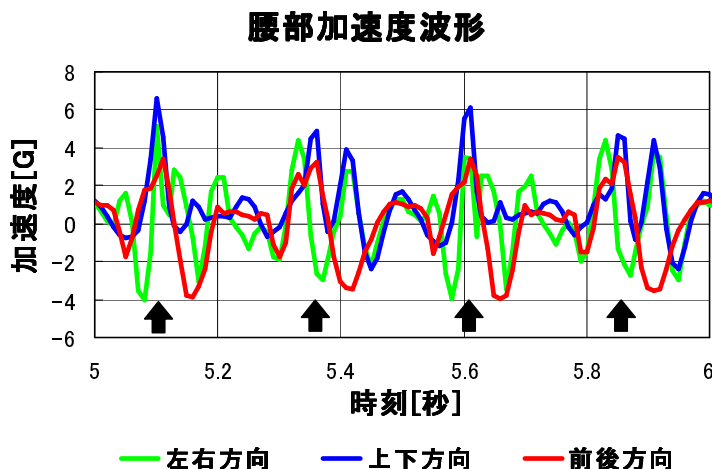
4歩分の波形を示していますが、1歩毎に激しい脈動があることが分かります。左右方向の加速度は1歩目と2歩目が逆相になっています。体を左右に揺らす筋肉は左右対称についていますが、座標軸は常に右が正であるため、右足と左足で同種の筋肉が働いても力の方向が逆になるのが理由です。

前後方向、上下方向の加速度波形は1歩目と3歩目が似ていますが、1歩目と2歩目は様子が違います。これは右足着地と左足着地で筋力発揮が異なっていることを示しています。ランナー固有の癖です。

山や谷はどんなときに出ているの？

波形とランニング姿勢との対応を黒矢印で示します。支持足が接地して、腰の位置が最も下に来たとき、上向きの加速度が最大になります。

グラフで、前後方向の加速度が -4[G] に達するところがありますが、これは跳躍中の現象です。前後方向加速度は、黒矢印の左に小さな谷がありますが、この谷の始まりから、黒矢印の右の0を切る辺りが着地期間と考えられます。



加速度って、そもそも何？

加速度とは単位時間当たりの速度の変化量です。

地表付近で物体を落下させると、空気の抵抗がなければ、毎秒 $9.8\text{m}/\text{秒}$ の加速があります。これを1単位とするのが重力の加速度 [G] です。

仰向けに寝ているとき、背中が床に押しつけられます。それを秤で測ると自分の体重になります。重さを支えるには力が必要です。一方、車が発進するとき背中がシートに押しつけられます。背中が押しつけられる点は寝ているときと同じですが、車の場合は加速しているのが原因です。このことから、加速度は力と関係があることを実感できます。

3. パソコンソフトの導入

パソコンソフトには次の機能があります。

- ①通知音の基準値をはじめとする各種の値を機器に設定する機能
- ②加速度データの分析機能

この章では、導入に必要なソフトウェア／ハードウェアと導入方法について、説明します。

3.1 導入に必要なソフトウェア／ハードウェア

OS は Windows です。

パソコンは以下の装備が必要です。

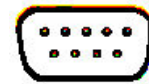
1024 × 768 以上の画素をもつディスプレイ装置

CD-ROMドライブ

マウス等のポインティングデバイス

~~RS-232C通信のコネクタ~~

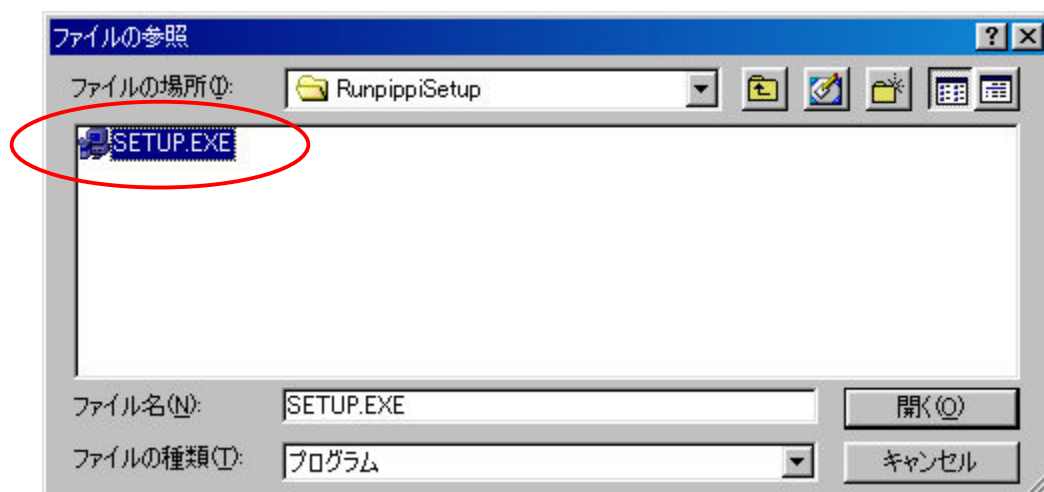
~~コネクタ形状は右図に示す D-SUB9ピン オス です。~~



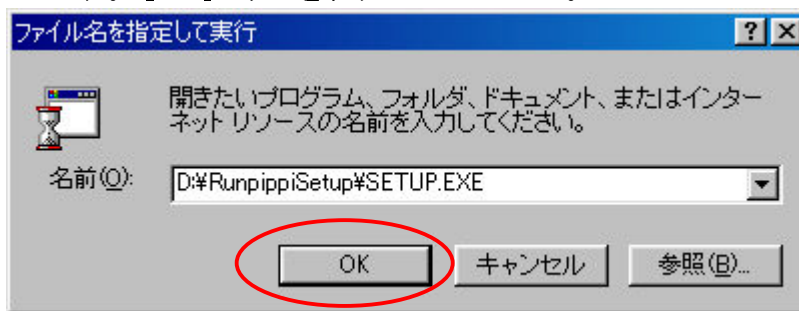
~~もし、このコネクタがない場合は、USB-RS232C 変換器をパソコンショップで
お求め下さい。~~

3.2 導入方法

- ①動作中のアプリケーションを終了して下さい。
- ②ダウンロードファイルを解凍してください。
- ③画面左下の[スタート]ボタンをクリックし、「ファイル名を指定して実行」をクリックして下さい。「ファイル名を指定して実行」ウインドウが表示されます。
- ③[参照]ボタンをクリックして下さい。「ファイルの参照」ウインドウが表示されます。
- ④「ファイルの場所」でCD-ROMの RunpippiSetup フォルダを選択して下さい。ファイル名 SETUP.EXE が表示されます。
- ⑤SETUP.EXE をクリックし、[開く]ボタンをクリックして下さい。

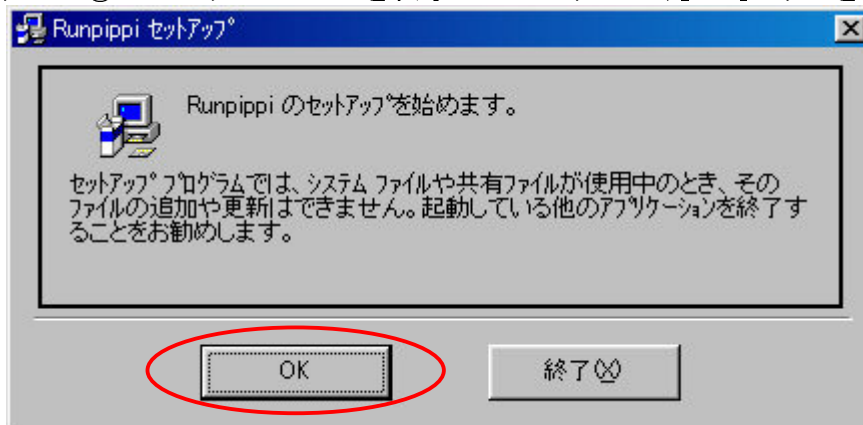


- ⑥「ファイルの参照」ウインドウが消え、「ファイル名を指定して実行」ウインドウが再び現れます。[OK]ボタンをクリックして下さい。

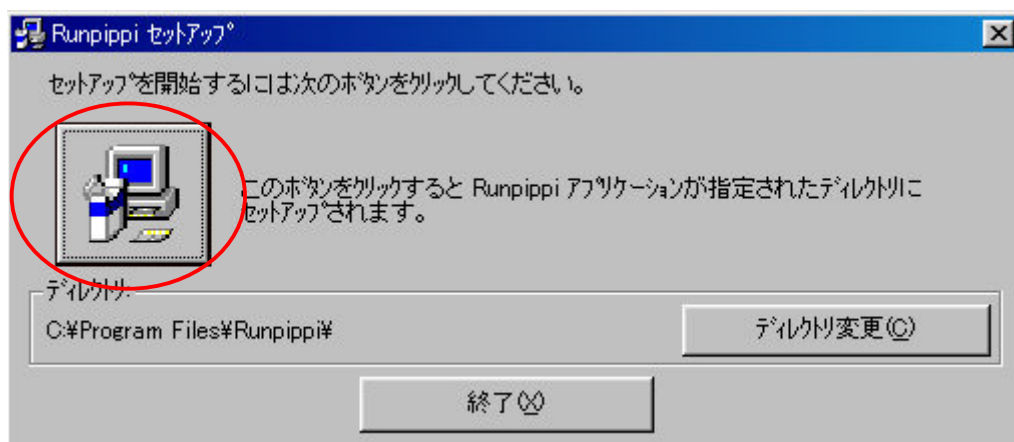


CD-ROMからの導入となっていますが、お使いのパソコン環境に読み替えて下さい。

- ⑦セットアップが始まります。
すでに①でアプリケーションを終了していますので、[OK]ボタンをクリックして下さい。



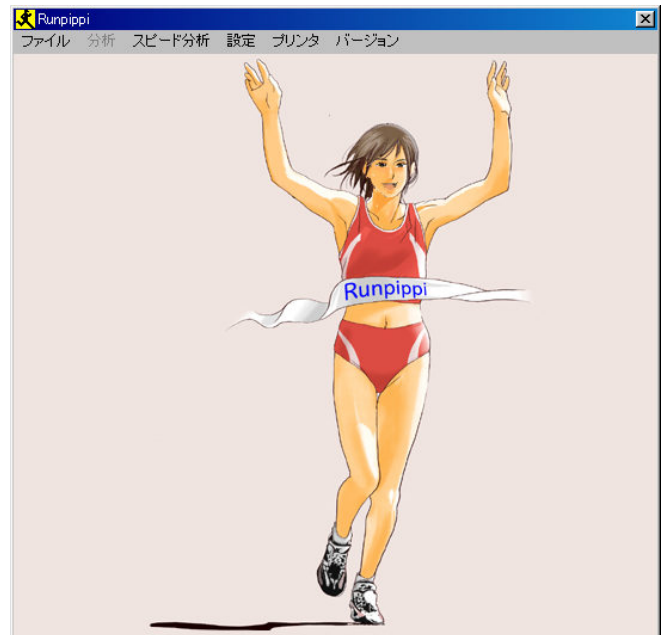
- ⑧導入先のフォルダーを指定するウインドウが表示されます。
ディレクトリとはフォルダーのことです。
導入先を変えたければ[ディレクトリ変更]ボタンをクリックして導入先を指定して下さい。
通常はこのままにします。
ウインドウの中段左の絵をクリックして下さい。



- ⑨導入が進み、「Runpippi のセットアップが完了しました。」とメッセージが表示されます。
[OK]ボタンをクリックして下さい。

5. パソコンソフトの起動

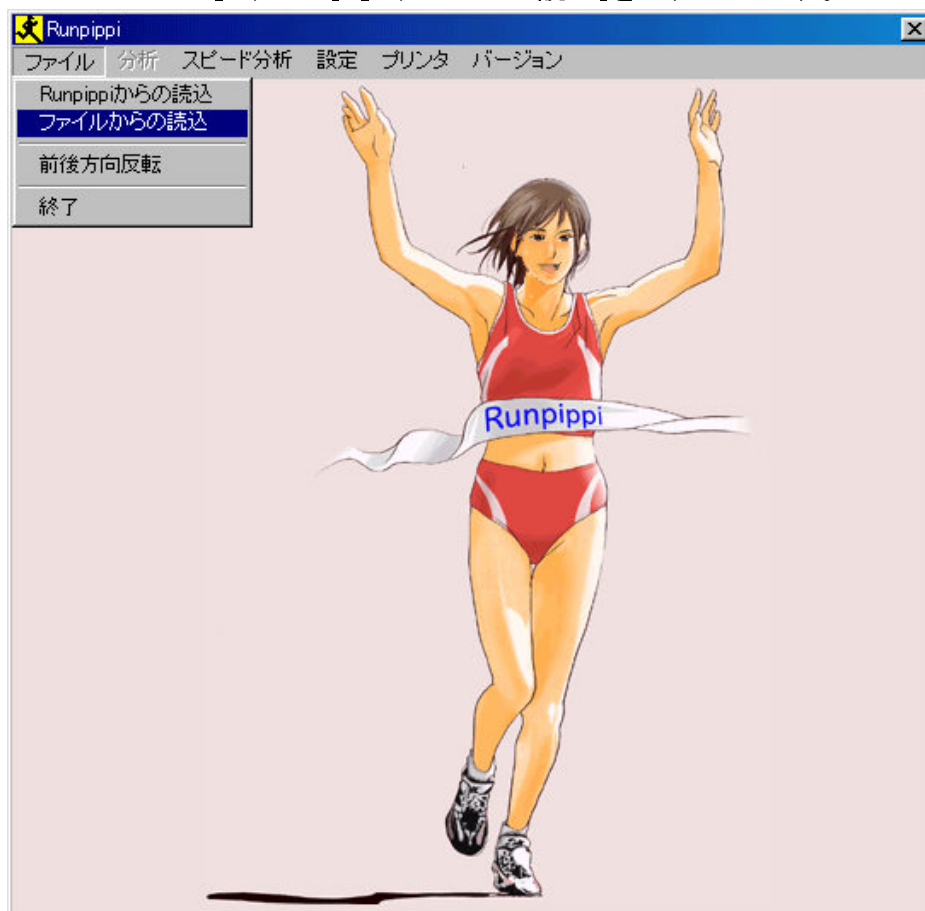
画面左下の[スタート]ボタンをクリックし、[プログラム]メニューから[Runpippi]を選択して下さい。右図のウインドウ（以下メニューウインドウと呼びます）が表示されます。



7. 測定データの取り込み

7.2.1 ファイルからの読込

メニューバーの[ファイル]-[ファイルから読込]をクリックします。



7.2.2 保存ファイル名の選択

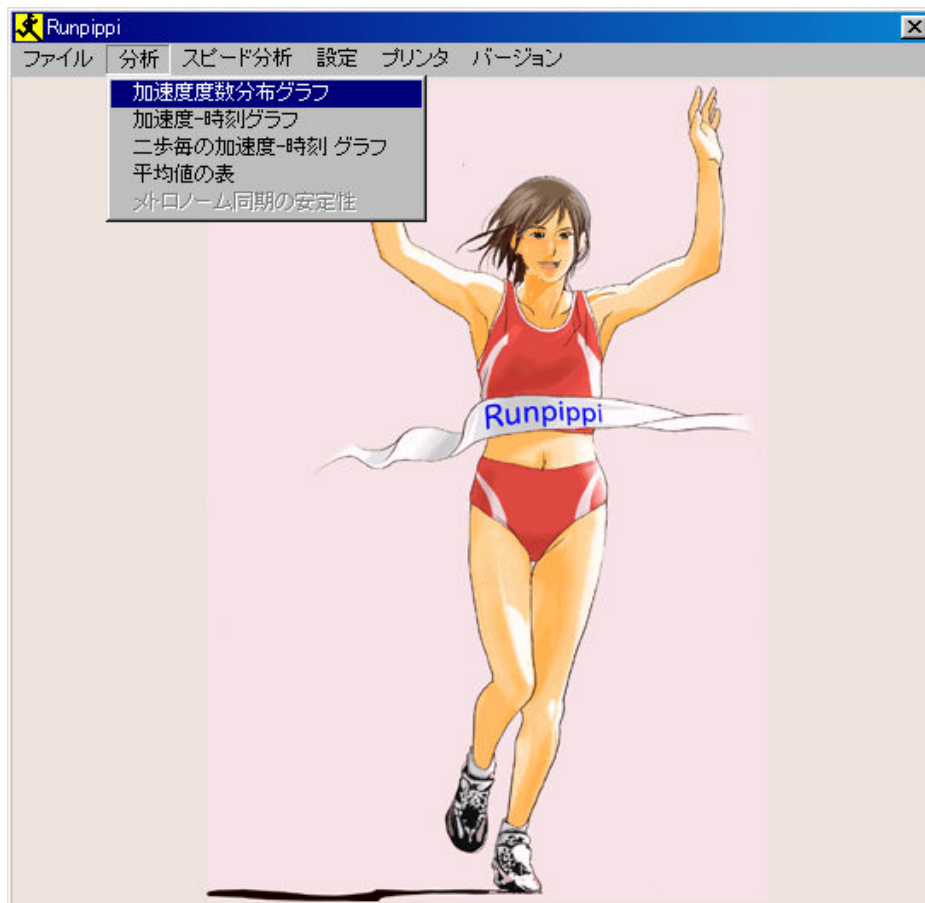
保存したファイル名の中から、分析対象のファイルを選択し、クリックします。
[ファイル名]の欄にそのファイル名が転記されます。
選択が終わったら、[開く]をクリックします。



8. 加速度度数分布のグラフ

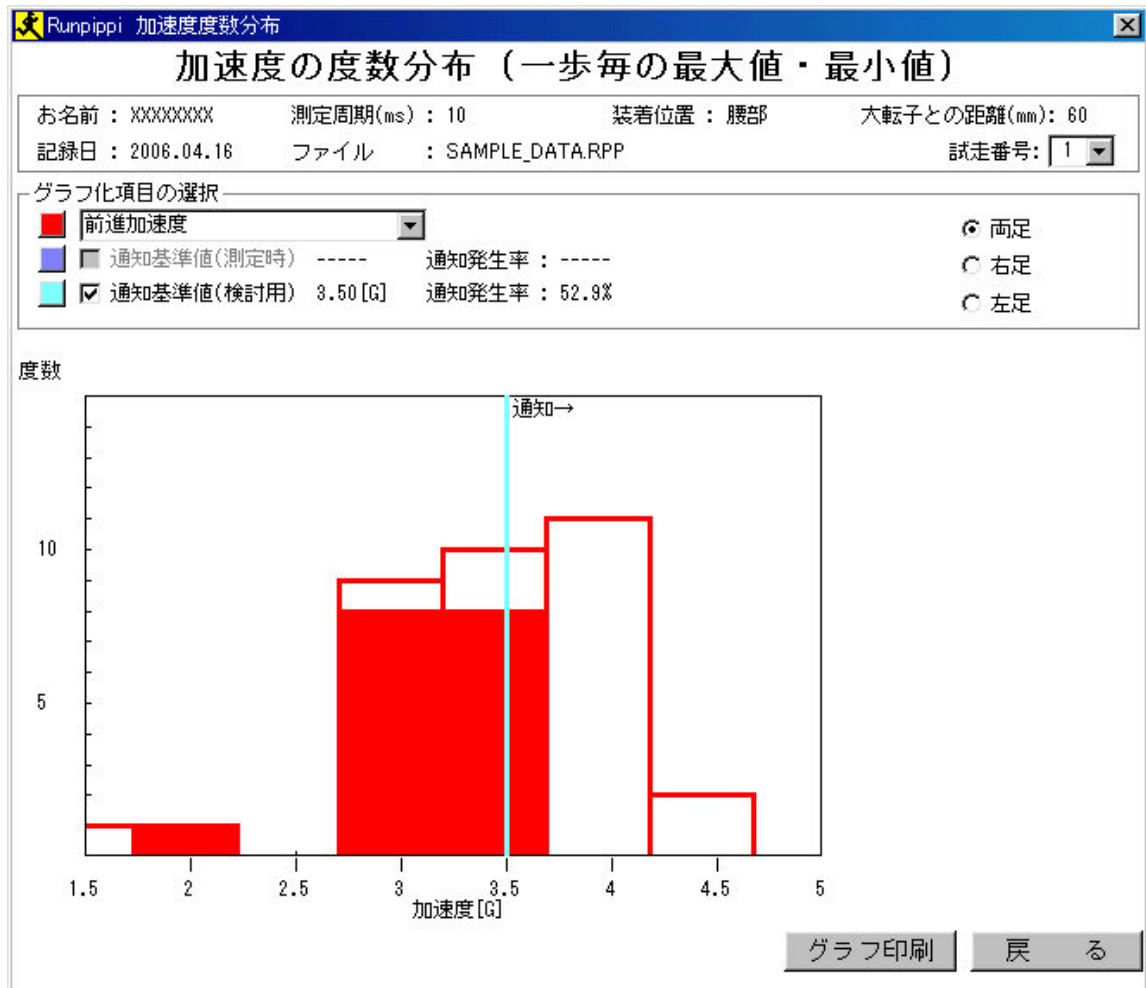
分析メニューの加速度度数分布グラフを説明します。

メニューバーの[分析]-[加速度度数分布グラフ]をクリックします。



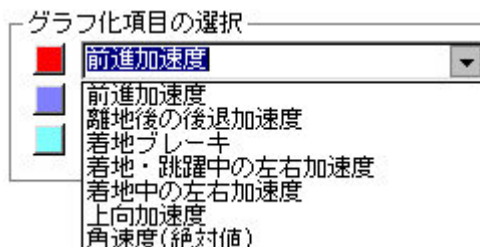
8.1 前進加速度

一歩の中で**前進加速度が最大**であるデータを拾い出し、それを各歩ごとに集めて度数分布グラフに描いたものが下図です。棒の塗りつぶし部は右足分です。



□ グラフ上で以下のように設定します。

- ①試走番号は記録スイッチを押す毎にカウントされた番号です。
- ②グラフ化の項目の「前進加速度」は下図の選択肢リストから選択します。



- ③「通知基準値(検討用)」にレ点を付けます。
グラフに縦棒が、レ点の左の色で表示されます。
この線を「通知基準値線(検討用)」と呼びます。
- ④「通知基準値線(検討用)」にカーソルを当てマウスの左ボタンを押したまま左右に動か

すと線が左右に移動します。グラフ化項目枠の「通知基準値(検討用)」の行に表示するG値がそれにつれて変わります。

マウスの左ボタンを離すと、通知発生率の表示が変わります。

「通知基準値線(検討用)」の値は、通知発生率が約50%になるような値を指定します。

図では 3.5[G]となっています。

⑤グラフ化項目枠の右にある両足、右足、左足の選択は両足とします。

このようにして描いたのが上のグラフです。

□ [グラフ印刷]ボタン

[グラフ印刷]ボタンをクリックすると画面のハードコピーを印刷できます。

印刷の向きなどはメニューウインドウの[プリンタ]をクリックしてプリンタ情報を設定しておいて下さい。

□ その他の説明

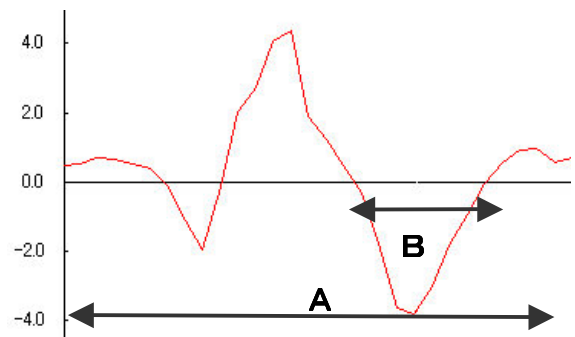
グラフ化項目枠の左端のカラーボタンをクリックして、グラフ色を変えることができます。

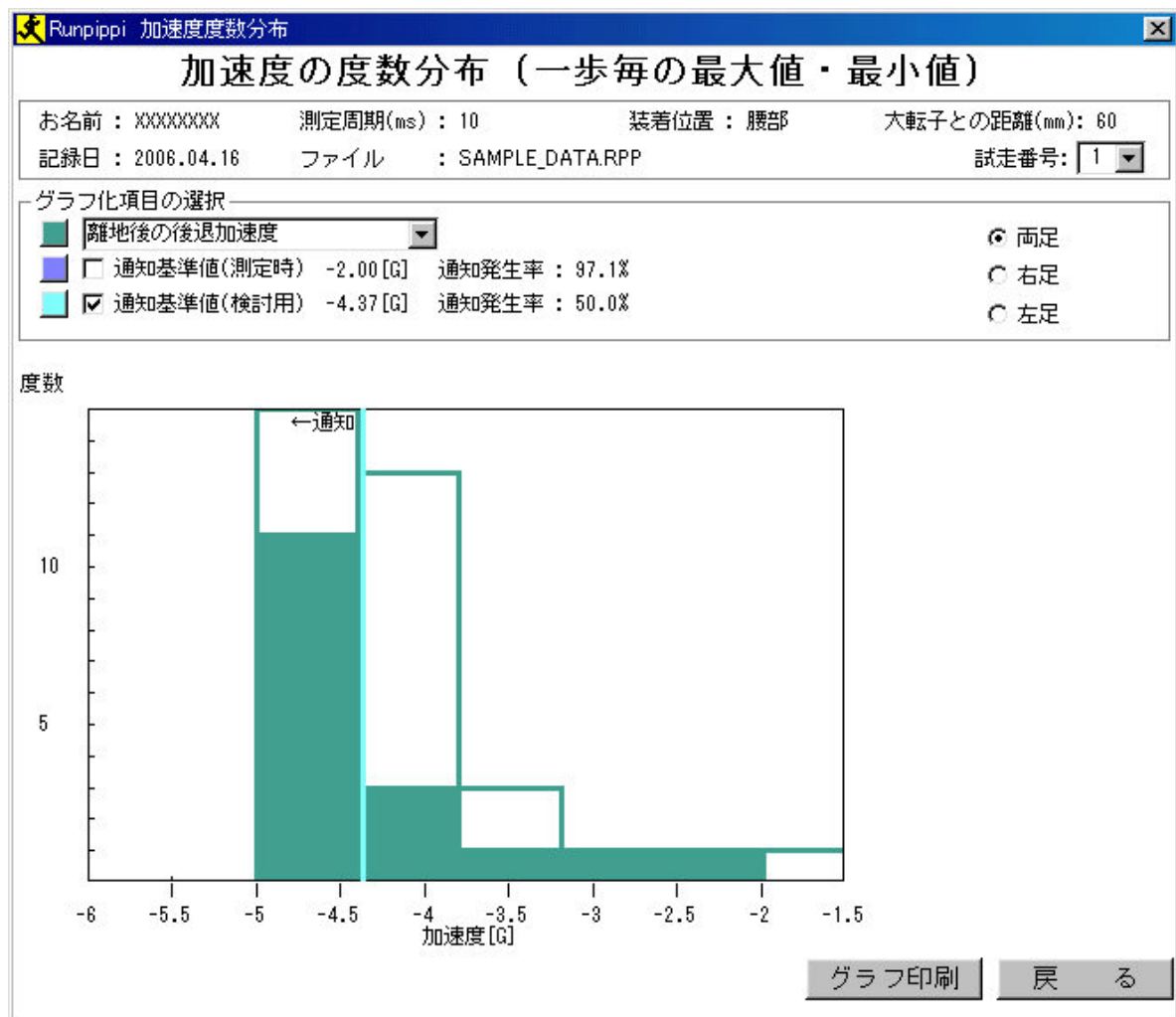
グラフ化項目枠の「通知基準値(測定時)」にレ点をつけると、測定時に設定されていた通知基準値がグラフに縦線で表されます。通知発生率はこの通知基準値に対するものです。

グラフ化項目枠の右にある両足、右足、左足のラジオボタンで、右足を選択すると、右足だけの度数分布グラフになります。同様に左足を選択すると、左足だけの度数分布グラフになります。

8.2 離地後の後退加速度

着地時に見られる**マイナスの加速度のボトム値**(右図期間Bのボトム)を拾い出し、それを各歩ごとに集めて度数分布グラフに描いたものが下図です。棒の塗りつぶし部は右足分です。

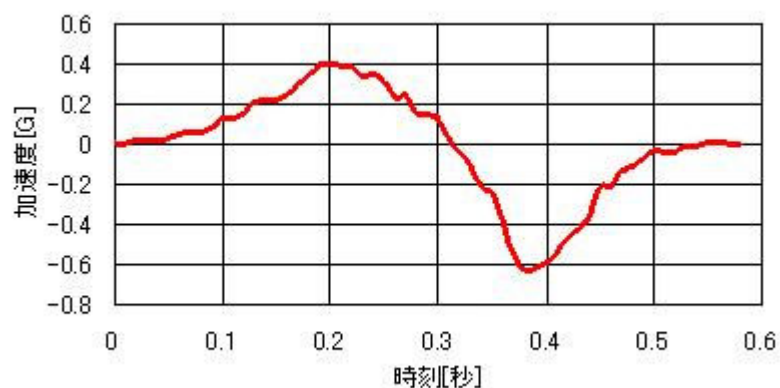




グラフ画面の操作等は「8.1 前進加速度」と同様です。

スピードと離地後の後退加速度は負の高い相関があります。つまり後退加速度は絶対値が大きいほどスピードが高いのです。
 「前進加速度」と「離地後の後退加速度」は密接な関係があって、同様の加速度曲線は次のような実験で得られます。

実験内容：Runpippiを机の上に立てて、止まっている状態からスッと前に押しパツと止めます。次の図はその際の前後方向の加速度波形です。



スッと押し始めると前進加速度が発生し、ピークを迎えた後で減少します。0点を切るところで最高スピードに達します。ここから減速に入り、後退加速度の谷になります。

このことから、トレッドミル上のランナーを真横から見れば、着地中に腰がクッと前に進み跳躍を始めてからグッと止まっていると考えることができます。

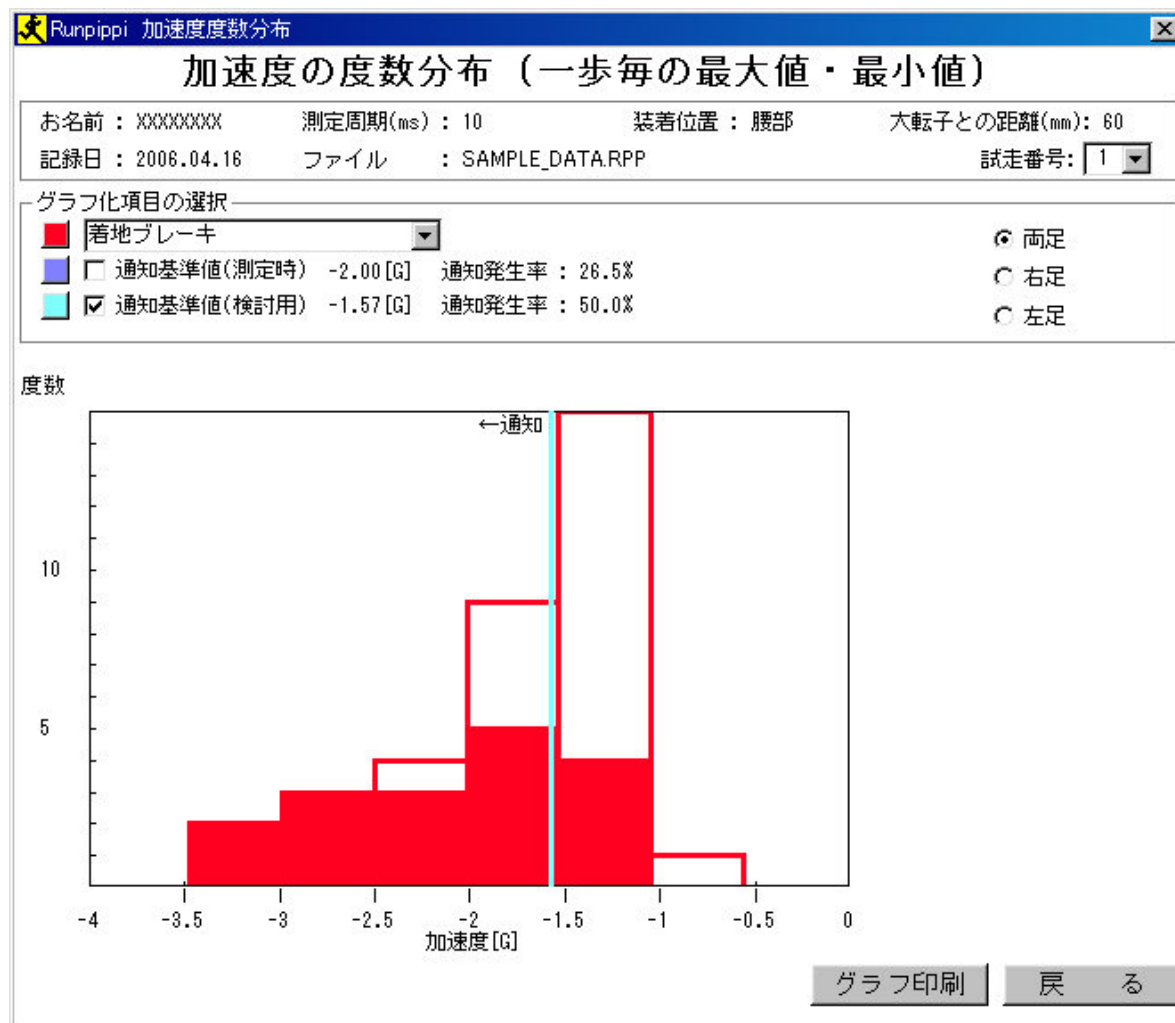
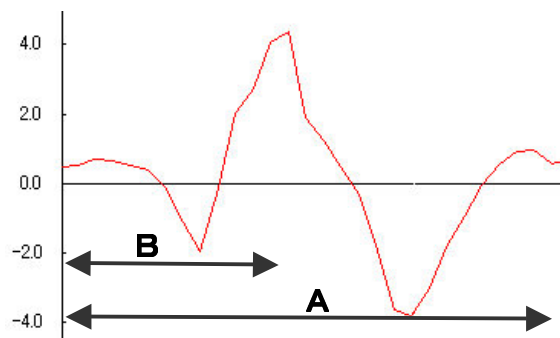
スプリントではスピードと腰部の動きとの間に強い相関がありますが、その背景をここに垣間見ることができます。

一方、箱根の二区を走るほどの長距離選手は「離地後の後退加速度」の谷が浅く広いものでした。腰をゆっくり止めているのですから、腰部の急激な揺れが抑えられ、省エネルギーが図られていると言えましょう。

従って、スプリントの場合は前節の前進加速度の代りに「離地後の後退加速度」を使うことも考えられますが、長距離系の場合は谷の深さの善し悪しを慎重に判断する必要があります。

8.3 着地ブレーキ

着地時に見られる**マイナスの加速度のピーク値**(右図期間Bの谷)を拾い出し、それを各歩ごとに集めて度数分布グラフに描いたものが下図です。棒の塗りつぶし部は右足分です。



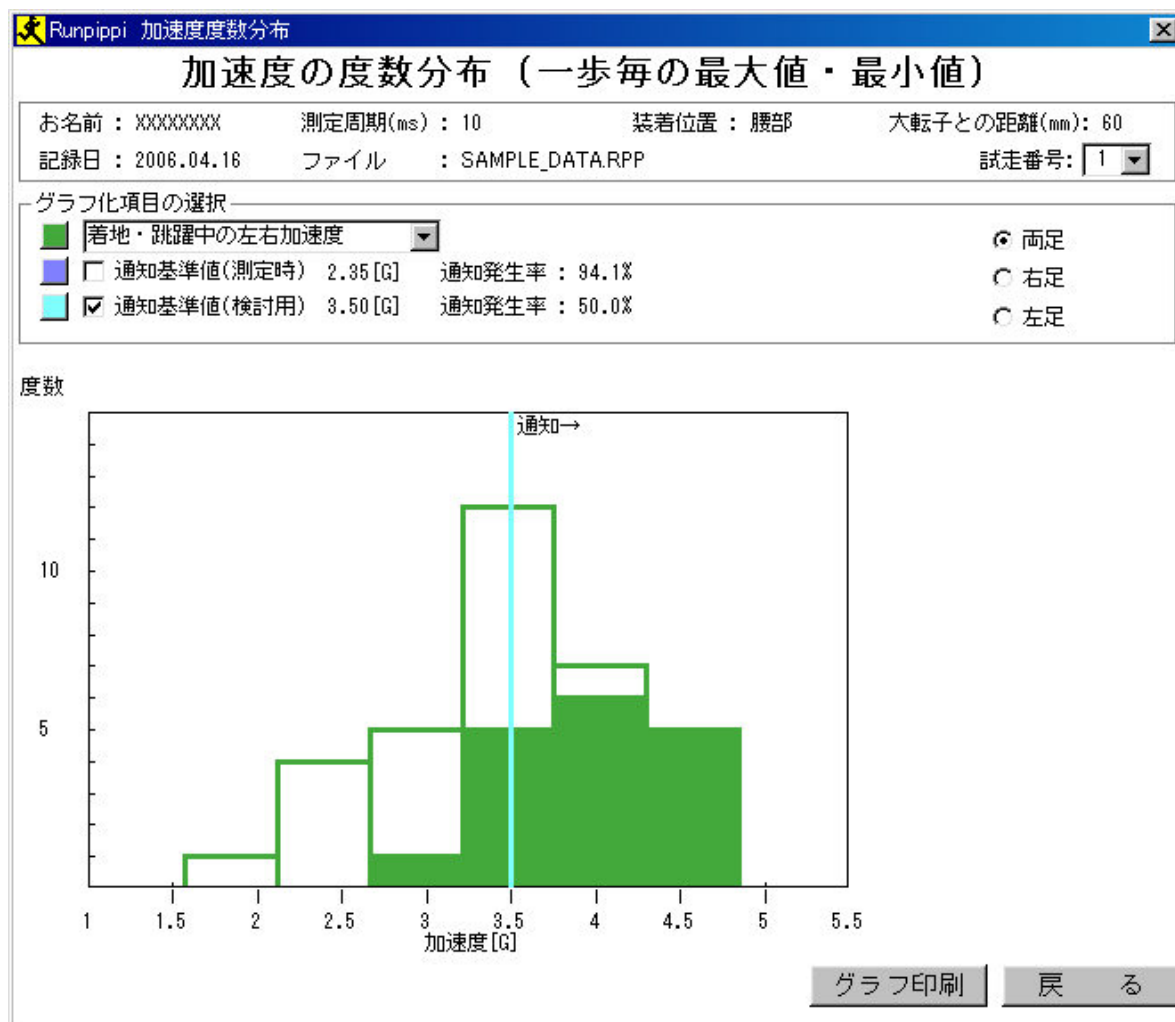
グラフ画面の操作等は「8.1 前進加速度」と同様です。

スプリントではスピードと着地ブレーキの相関は高くありません。ブレーキが強いときは直後の急峻な前進加速度で補っています。スプリントの場合はブレーキにさほど注意を向ける必要はないでしょう。

一方、長距離選手が100mを18秒程度で走る際はボトムの平均値が -1 [G]強ですから省エネルギーが図られていると言えましょう。

8.4 左右方向加速度(絶対値)

一步の間に右方向の加速(+)と左方向の加速(-)があります。一步の中で加速度の絶対値が最大であるデータを拾い出し、それを各歩ごとに集めて度数分布グラフに描いたものが下図です。棒の塗りつぶし部は右足分です。

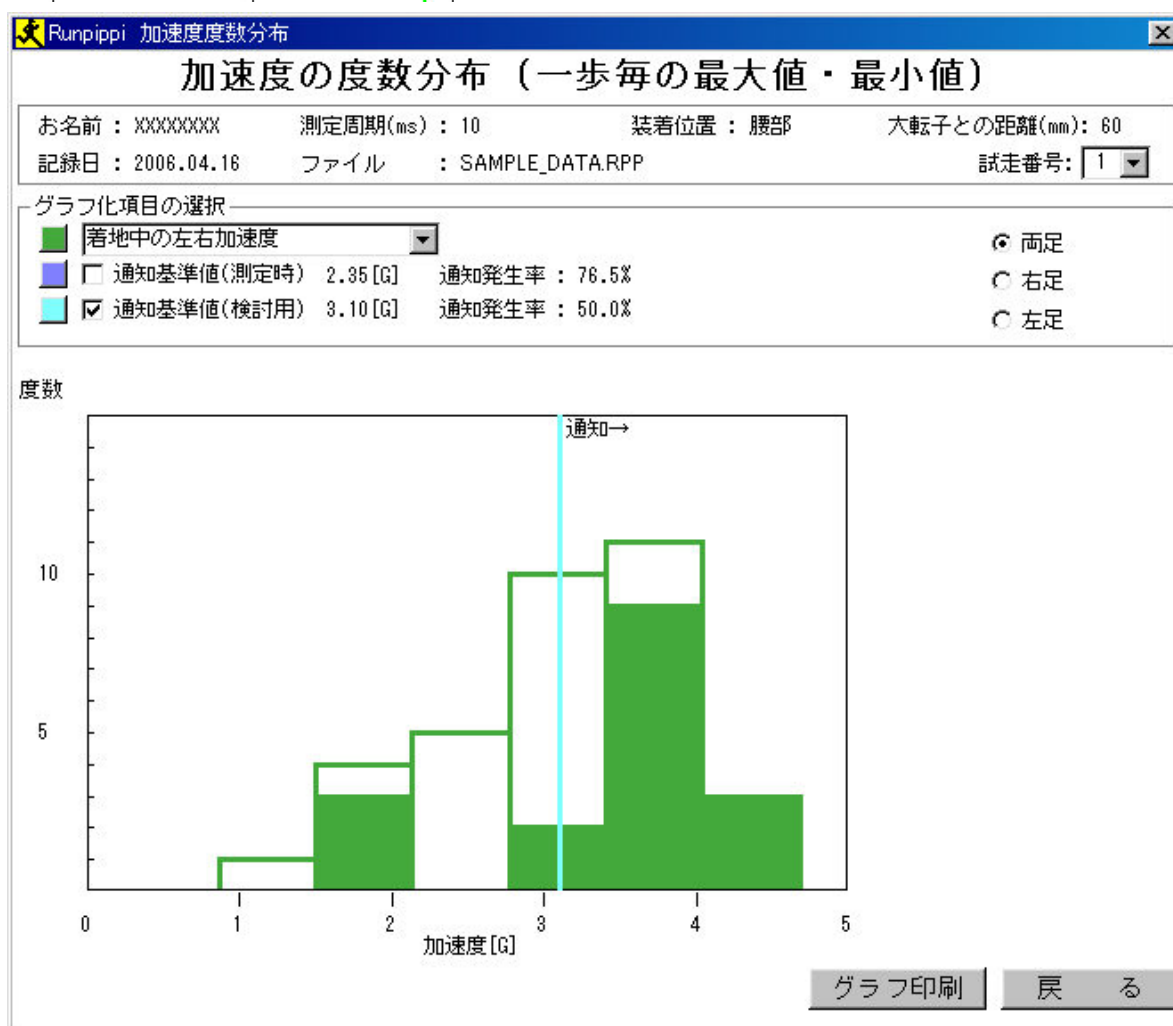
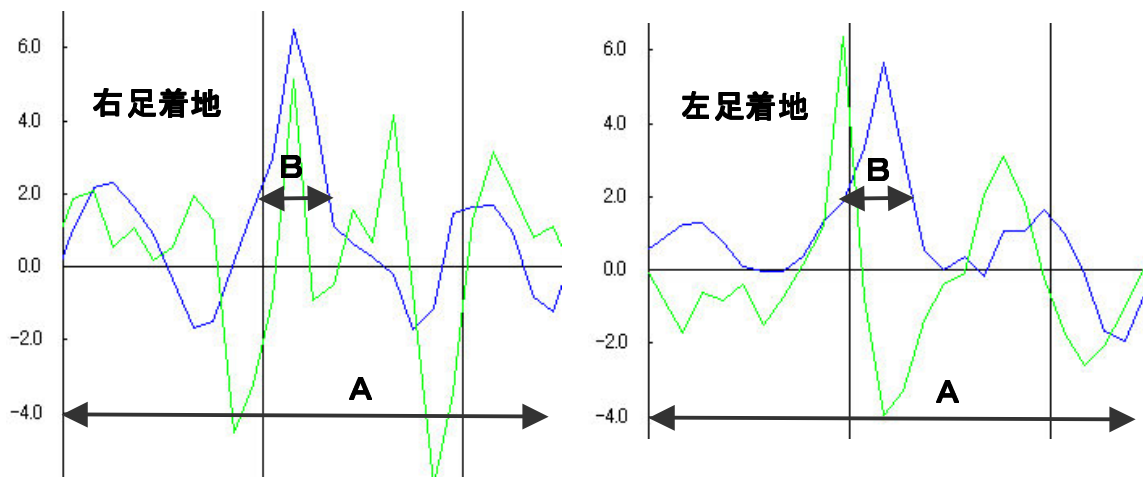


グラフ画面の操作等は「8.1 前進加速度」と同様です。

着地中も跳躍中も含めた度数分布グラフです。

8.5 着地中の左右方向加速度

上向きの加速度(青)が2Gを超える期間(下図の期間 B)における左右方向(緑)のピーク加速度を各歩ごとに拾い出し、その絶対値を度数分布グラフに描いたものです。棒の塗りつぶし部は右足分です。



グラフ画面の操作等は「8.1 前進加速度」と同様です。

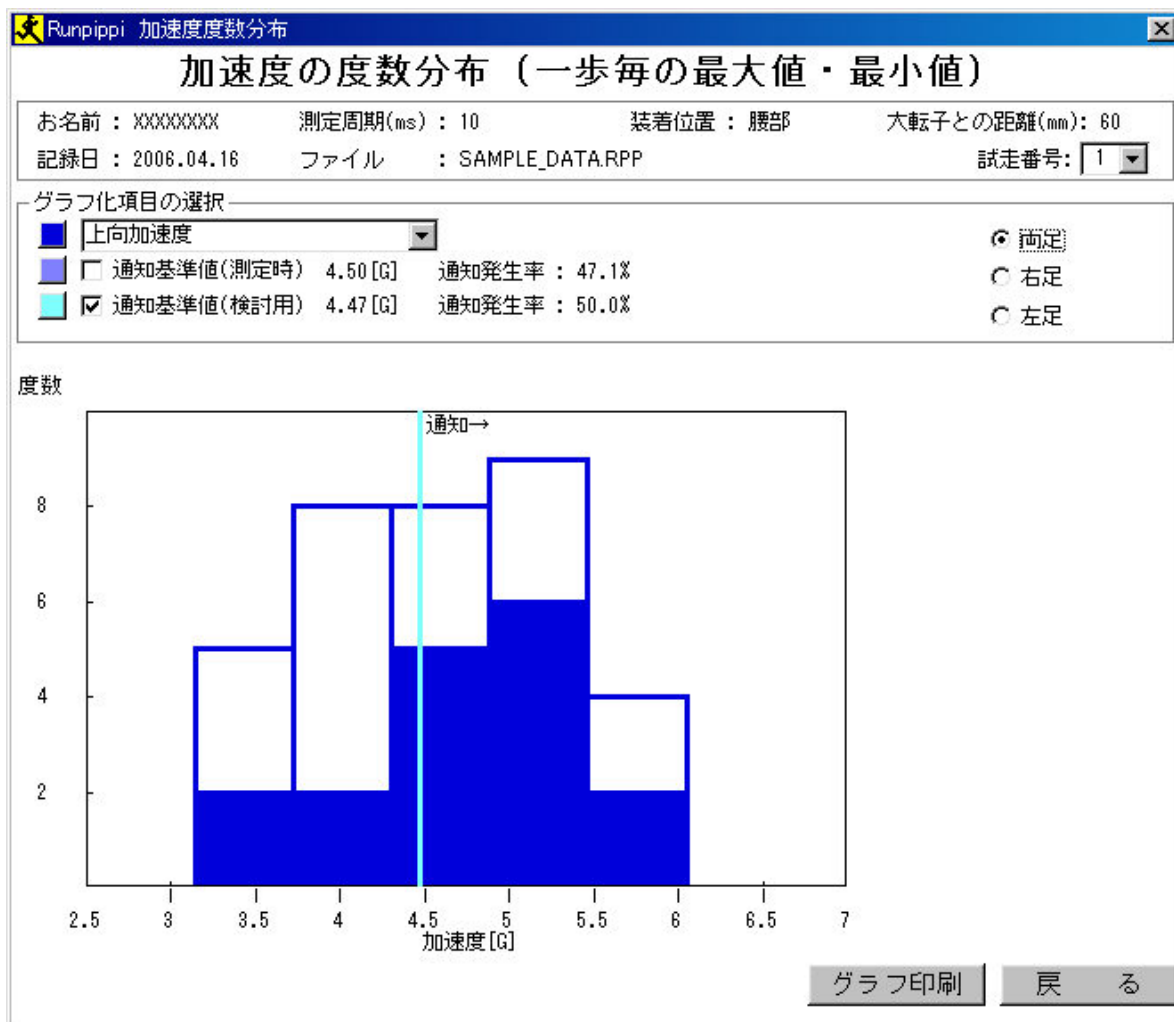
□ 課題検討の例

スピードと前進加速度は正の相関がありますから、横に逃げる力を少しでも前方に振向けることができれば前進加速度の増加になり、スピードの向上を期待できます。

しかしスピードの増加につれて横向加速度が大きくなる人は、こんなことを気にしないで、横方向の筋力を鍛えた方が良くかも知れません。

8.6 上向加速度

一步の間に上向きの加速(+)と下向きの加速(-)があります。一步の中で上方向への加速度が最大であるデータを拾い出し、それを各歩ごとに集めて度数分布グラフに描いたものが下図です。棒の塗りつぶし部は右足分です。



グラフ画面の操作等は「8.1 前進加速度」と同様です。

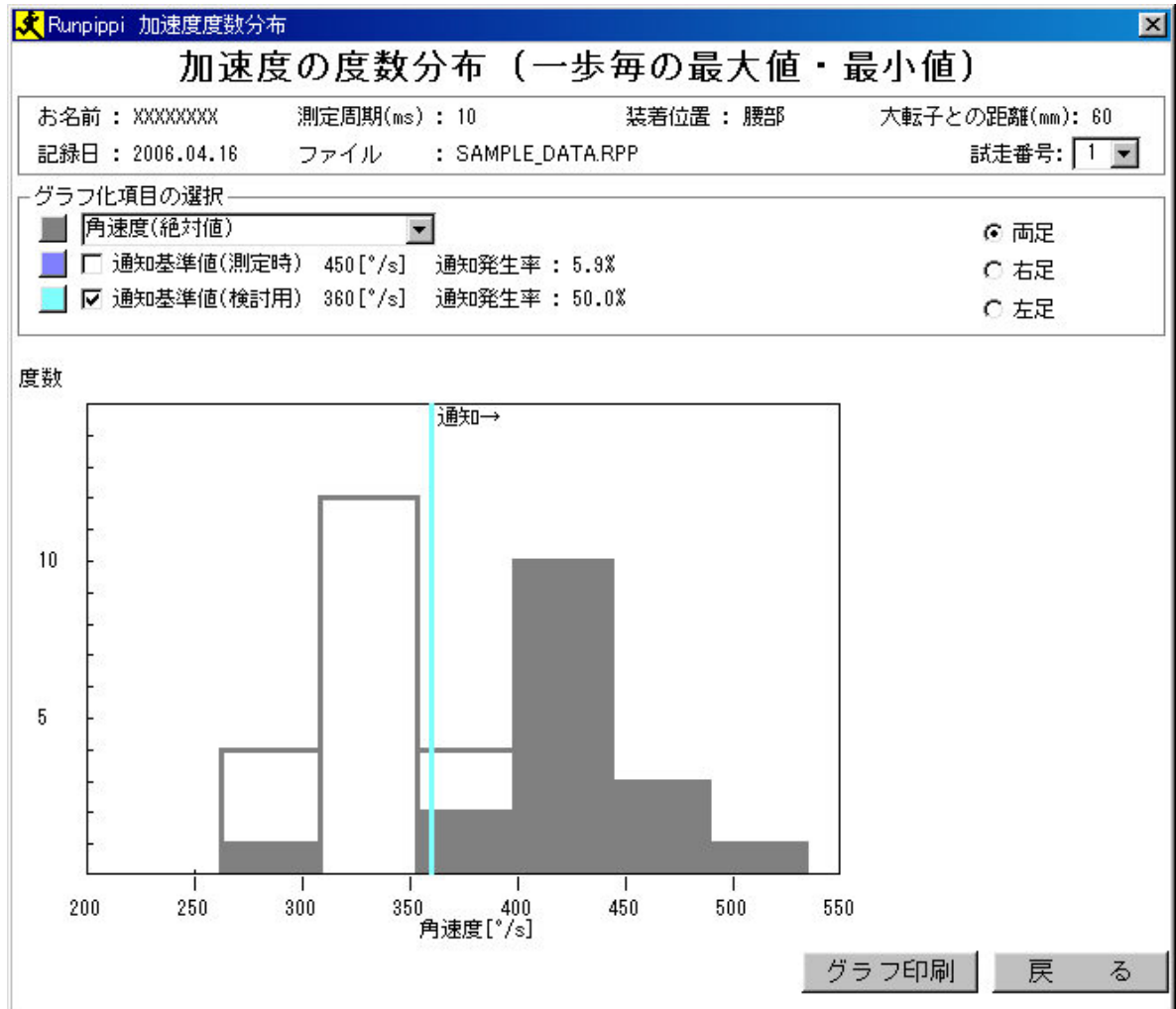
上向きの加速はジャンプです。
単に立っているだけで1Gの加速度がかかっています。

左右足のバランスに検討課題を見つけることができます。

8.7 角速度

一步の間に角速度(骨盤の回転速度)の増減があります。一步の中で角速度が最大であるデータを拾い出し、それを各歩ごとに集めて度数分布グラフに描いたものが下図です。棒の塗りつぶし部は右足分です。

角速度が絶対値とあるのは、右回りと左回りの区別をしていない、という意味です。



グラフ画面の操作等は「8.1 前進加速度」と同様です。

左右足のバランスに検討課題を見つけることができます。

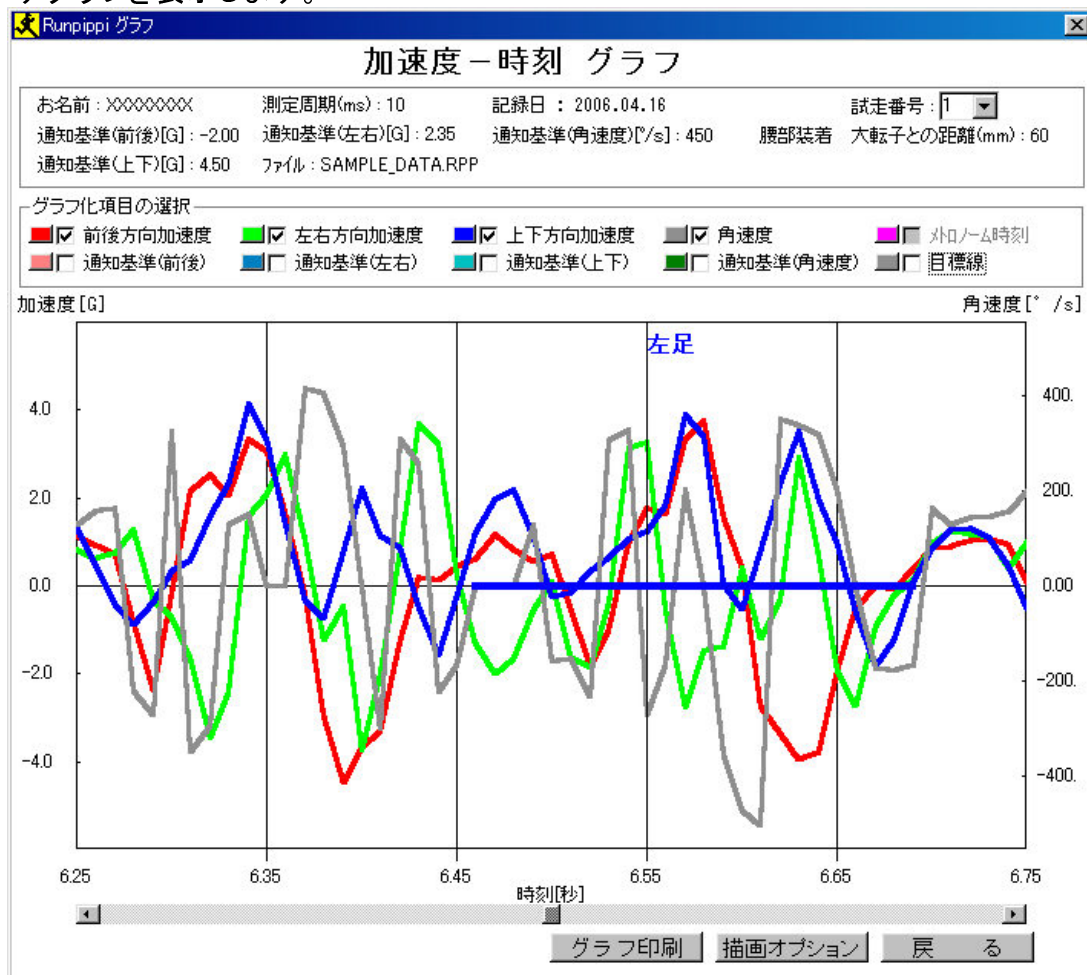
9. 走行データの分析

度数分布グラフ以外にも走行データの分析手段があります。

この章では、時系列グラフ、二歩毎に区切った時系列グラフ、平均値の表、メトロノーム同期の安定性について説明します。

9.1 加速度－時刻グラフ

メニューバーの[分析]－[加速度-時刻グラフ]をクリックすると、走行データを時系列で表示するグラフを表示します。



前後方向、左右方向、上下方向、角速度が相互にどのような関係にあるのかを見て取ることができます。このグラフでは左足着地時と足の振り出し時にブレーキがかかっていることが分かります。そしてブレーキによる減速を急峻な前進加速で補っていることも分かります。骨盤は、最も強く地面を蹴っているときはあまり回転せず、着地時と離地時に大きく回転していることが分かります。

操作説明

【グラフ化項目】

レ点をつけた線が描画されます。レ点チェック欄の左のカラーボタンをクリックするとグラフ色を変更できます。

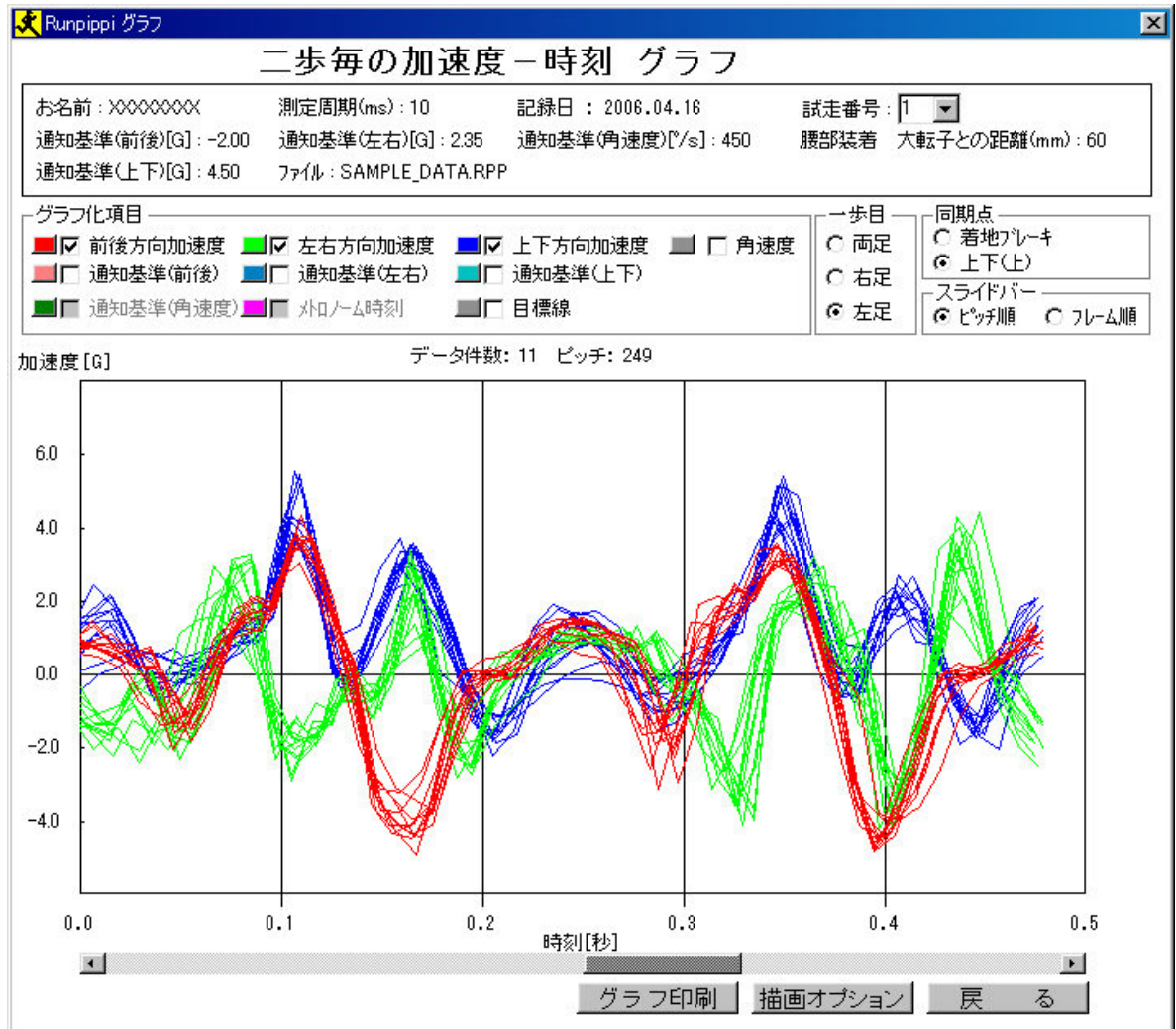
【マウスの右ボタン】

時刻6.46～6.70秒に例示したように、左右の何れが支持足であったかを表示します。

[描画オプション]ボタンをクリックすると、横軸の幅、縦軸の範囲を変更できます。

9.2 二歩毎の加速度-時刻グラフ

メニューバーの[分析]-[二歩毎の加速度-時刻グラフ]をクリックすると、走行データを二歩毎に区切ったグラフを重ね書きで表示します。前節「9.1 加速度-時刻グラフ」では分りづかった傾向がくっきりと表れます。



図の最初の一步は支持足が左足、次の1歩は右足を示しています。
一歩目の周期が等しいものを集めて重ね書きしています。

操作説明

【グラフ化項目】

レ点をつけた線が描画されます。

レ点チェック欄の左のカラーボタンをクリックするとグラフ色を変更できます。

【一歩目】

グラフの一歩目を右足とするか、左足とするか、両足(左右足の区別なし)とするか、を選択できます。

【スライドバー】

ピッチ順を選択すると、一歩目の周期が等しいものを集めて重ね書きします。

グラフの下にあるスライドバーによって、1歩目の周期が異なるデータを表示できます。

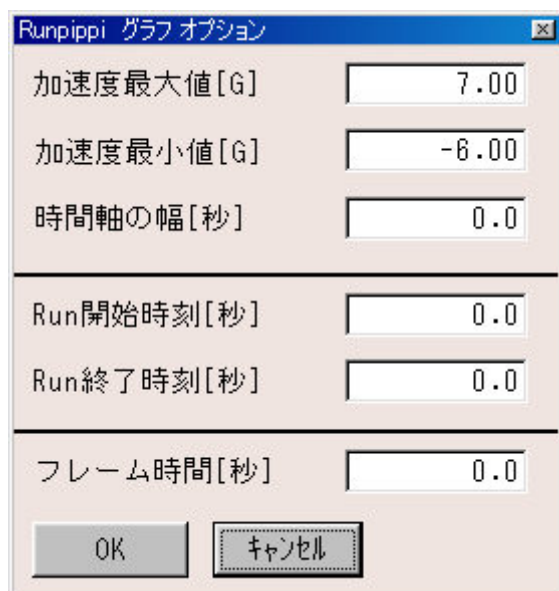
フレーム順を選択すると、2秒間隔で刻んだ時間(フレーム時間と呼びます)毎のデータを重ね書きします。グラフの下にあるスライドバーによって、時刻を進めることが

できます。フレーム時間は[描画オプション]で変更することができます。

【同期点】

「上下(上)」を選択すると、上下方向の一步目のピーク時刻を揃えて重ね書きします。
「着地ブレーキ」を選択すると、着地ブレーキの一步目のボトム時刻を揃えて重ね書きします。「着地ブレーキ」を同期点にすると、描画が乱れる場合があります。

[描画オプション]ボタン



Runpippi グラフ オプション

加速度最大値[G]

加速度最小値[G]

時間軸の幅[秒]

Run開始時刻[秒]

Run終了時刻[秒]

フレーム時間[秒]

OK キャンセル

軸の範囲を変更できます。
0 を指定すると自動的に定めます。

フレーム時刻の**原点**を変更することができます。0 を指定すると、フレーム時刻の原点として最初の有効な一步の開始時刻を採ります。
フレーム時間を変更することができます。0 を指定すると省略時の値として2秒が採られます。

9.3 平均値の表

メニューバーの[分析]-[平均値の表]をクリックすると、一步毎のピーク加速度の平均値と標準偏差の表を表示します。

Runpippi 統計表											
一步毎のピーク加速度の平均と標準偏差											
お名前: XXXXXXXX 測定周期(ms): 10 記録日: 2006.04.16 SAMPLE_DATA.RPP											
試走番号	支持足	歩数	歩周期[ms]	前進加速度[G]	離地後の後退加速度[G]	着地時のブレーキ[G]	着地・跳躍中左右加速度[G]	着地中の左右加速度[G]	上向きの加速度[G]	下向きの加速度[G]	角速度[°/s]
1	両足	34	237±9.8	3.44±0.60	-4.09±0.73	-1.77±0.59	3.48±0.67	3.09±0.77	4.60±0.71	-1.62±0.35	376±55
	右足	17	231±9.4	3.16±0.39	-4.15±0.77	-2.10±0.61	3.93±0.41	3.45±0.75	4.74±0.70	-1.47±0.32	419±43
	左足	17	243±5.8	3.72±0.64	-4.04±0.69	-1.45±0.33	3.03±0.56	2.73±0.61	4.45±0.68	-1.77±0.33	333±22
印 刷 戻 る											

±の前の数字が平均値で、後ろが標準偏差です。
(正規分布しているとすれば)平均値±標準偏差の範囲に全歩数の68%が入ります。
バラツキを標準偏差で捉えることができますので、走行の安定性を評価できます。
左右の足の違いも見取れますので、強化訓練ポイントのヒントを得ることができます。
歩周期は、この値をメトロノーム周期に設定すると、スピードの再現性が高くなります。

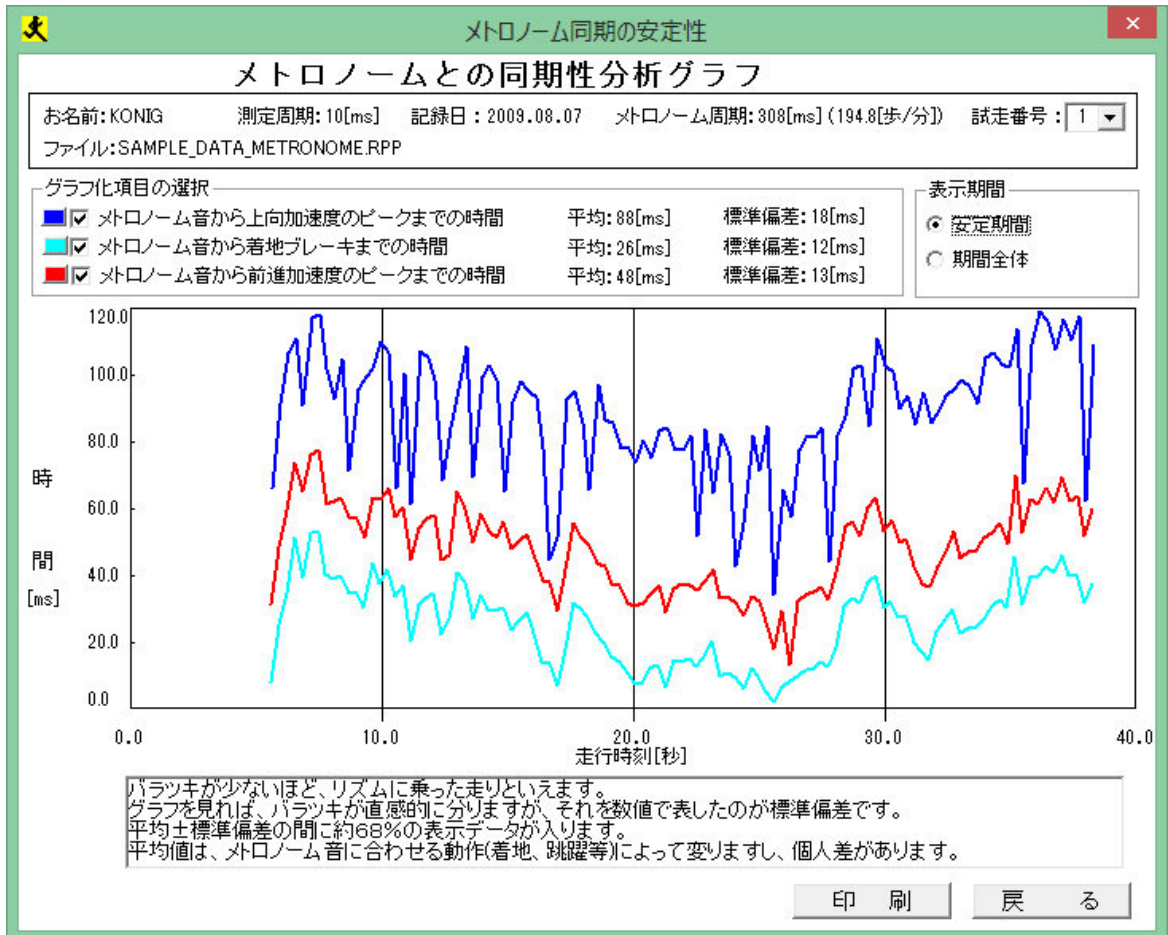
【注意】典型的な歩だけを拾っていますから、実際の歩数より少なくなります。

【注意】ピーク値は、グラフで見るより高めに出来ます。ピークの3点に放物線をあてはめてその頂点を採っているためです。

9.4 メトロノーム同期の安定性

メニューバーの[分析]-[メトロノーム同期の安定性]をクリックすると、メトロノーム音にどれくらい同期して走ったかを下図のようなグラフで表示します。

メトロノームを鳴らしながら採ったデータでないと、このメニューは選べません。



この事例では、メトロノーム音が鳴ったときから平均して26ミリ秒(26/1000 秒)後に、着地ブレーキのボトムが来ていて、バラツキは12ミリ秒です。

水平な線の上に不規則に小さくバラツキのがあるのですが、時刻26秒辺りを境にしてピークまでの時間が短縮から伸長へと変化しており、リズムにムラがあります。

右下がりの箇所は、メトロノーム周期より**短い周期**で、右上がりの箇所は、メトロノーム周期より**長い周期**で走っています。直線の**傾きが一定の間は周期が一定**です。

操作説明

【グラフ化項目】

レ点をつけた線が描画されます。

レ点チェック欄の左のカラーボタンをクリックするとグラフ色を変更できます。

【表示期間】

走り初めと停止の時期はリズムが乱れます。

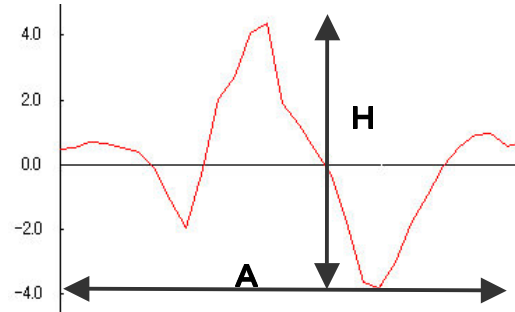
ラジオボタンの「安定期間」を指定すると乱れた期間のデータを取除いて表示します。平均、標準偏差も安定期間のデータで計算されます。

ラジオボタンの「期間全体」を指定すると全期間のデータを表示します。平均、標準偏差も全期間のデータで計算されます。

10. スピードの分析

同じ距離を、スピードを変えて走り、タイムと加速度データを探ると、スピードに関する変量を分析できます。分析対象の変量は、次の4つを用意しています。

- ①前進加速度のピーク から 離地後の後退加速度のボトム までの高低差
右図のHになります。
- ②前進加速度のピーク値
- ③上向き加速度のピーク値
- ④一歩の周期



スピードを変えるにはメトロノーム音を使うと良いでしょう。

スプリント系のランナーであれば、全力疾走のときの周期が例えば240ms であるとして、それに10ms を加えた周期を最速として、15ms ずつ長い周期を設定します。

速い走り	: メトロノーム周期	250ms
やや速い走り	: メトロノーム周期	265ms
巡航走行	: メトロノーム周期	280ms
やや遅い走り	: メトロノーム周期	300ms
遅い走り	: メトロノーム周期	315ms

長距離系のランナーであれば、100mを16秒で走るときの周期が例えば280ms であるとして、これを最速として、それに10ms ずつ加えた周期を設定します。

速い走り	: メトロノーム周期	280ms
やや速い走り	: メトロノーム周期	290ms
巡航走行	: メトロノーム周期	300ms
やや遅い走り	: メトロノーム周期	310ms
遅い走り	: メトロノーム周期	320ms

このような5本の100m 走でタイムと加速度データを探り、以下の操作で分析します。
上記の周期は例示ですから、ランナー各位の数字に調整して下さい。

分析には1～2日以内に集中して測定したデータを使ってください。

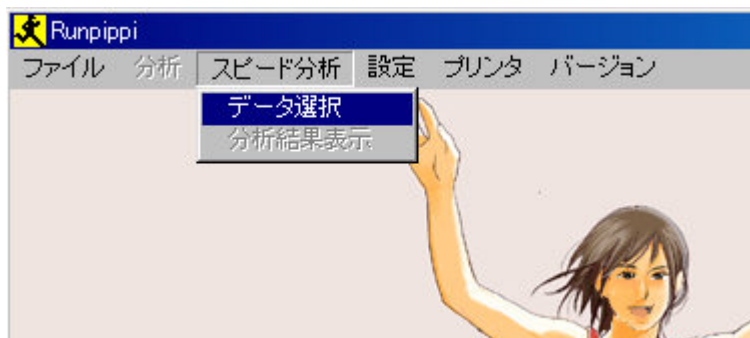
数週間も間を置いたデータが混在すると、その間に行ったトレーニングの影響が混ざり、規則性が乏しい分析結果になります。

本数は5本に限ったことではなく、多いほど分析の信頼性が増します。

以下は、スピードを変えて測定したデータがある場合の分析手順です。

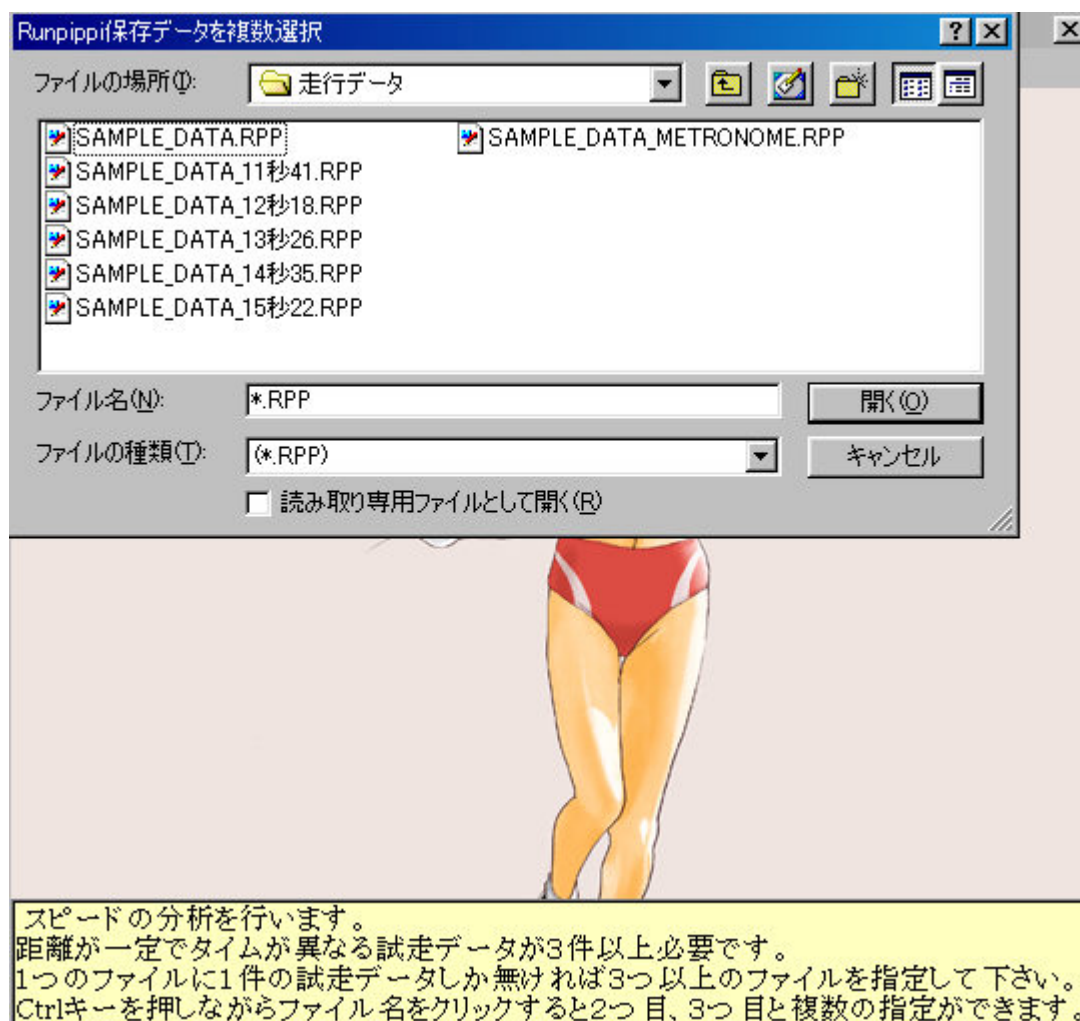
10.1 データの選択

メニューバーの[スピード分析]-[データ選択]をクリックします。



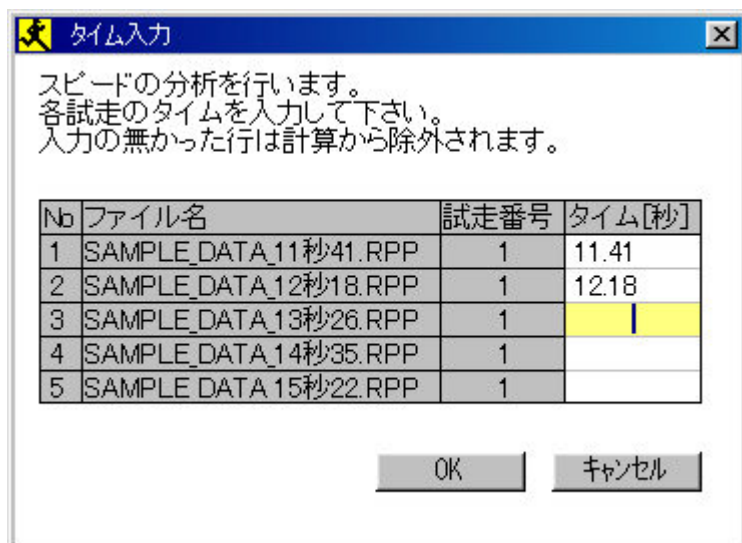
複数のデータを選択する画面が表示されます。

同じ距離で、スピードを変えて採ったデータを少なくとも3件、通常は5件以上選択します。Ctrl キーを押しながらファイル名をクリックすると、2つ目、3つ目と複数の指定ができます。この例では、SAMPLE_DATA_11 秒 41.RPP～SAMPLE_DATA_15 秒 22.RPP を選択します。なお、例示のデータはメトロノームを使わず、ランナーの感覚でスピードを変えています。



10.2 タイムの入力

ファイルを選択すると下図のような「タイム入力」のウインドウが出ます。



スピードの分析を行います。
各試走のタイムを入力して下さい。
入力の無かった行は計算から除外されます。

No	ファイル名	試走番号	タイム[秒]
1	SAMPLE_DATA_11秒41.RPP	1	11.41
2	SAMPLE_DATA_12秒18.RPP	1	12.18
3	SAMPLE_DATA_13秒26.RPP	1	
4	SAMPLE_DATA_14秒35.RPP	1	
5	SAMPLE DATA 15秒22.RPP	1	

OK キャンセル

タイム欄にタイムを入力しリターンキーを押して下さい。

一つのファイルに複数の試走データが入っていると、試走番号の欄に2、3等と表示されます。

入力の無かった行は対象から除外されます。

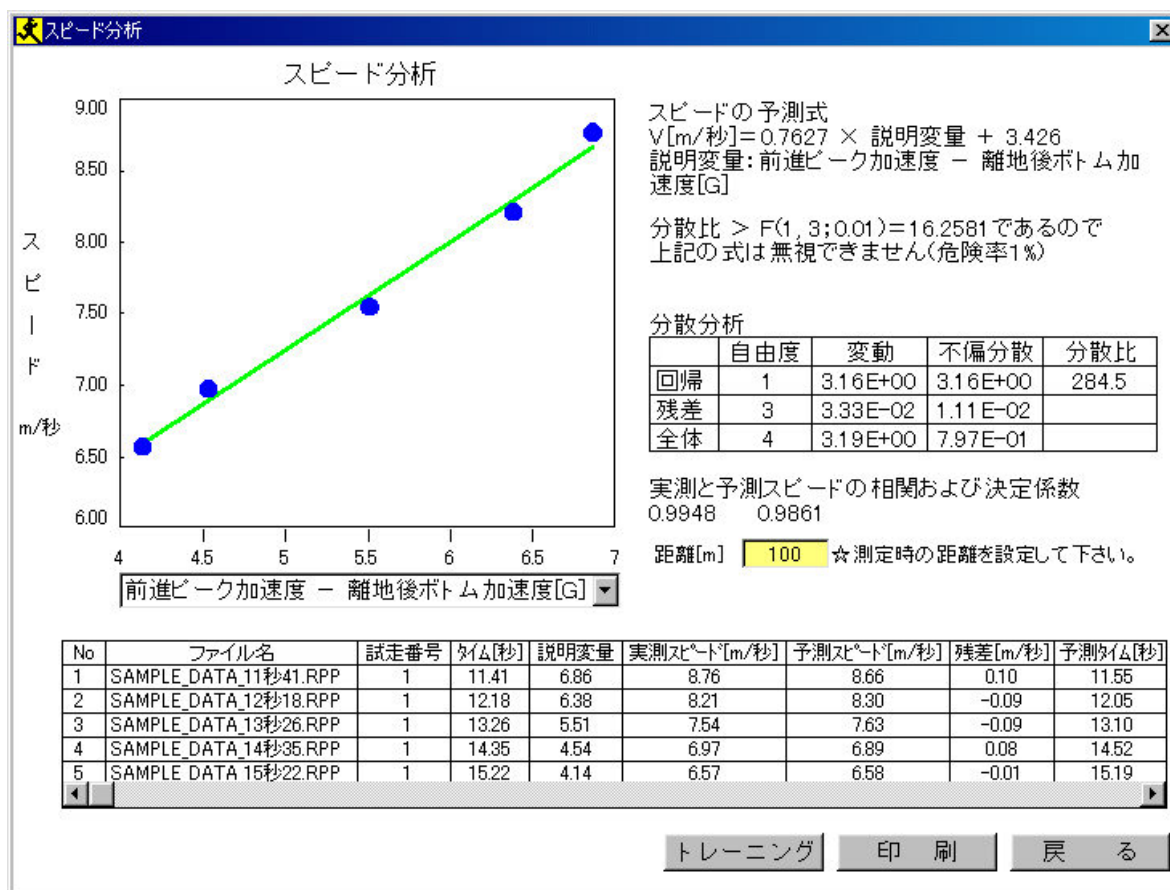
間違って指定したファイルとか、別の目的で測定したデータは除外できます。

タイムの入力が終わったら **[OK]** をクリックして下さい。

分析結果の画面が表示されます。

10.3 前進加速度のピーク から 離地後の後退加速度のボトム までの高低差で分析

「前進加速度のピーク から 離地後の後退加速度のボトム までの高低差」を「前進ピーク加速度 - 離地後ボトム加速度」と表示しています。以下、高低差と略して呼びます。この画面では、スピードの変化を高低差の一次式で説明できる否か、を検討します。



以下に、表示項目を説明します。

グラフ

縦軸がスピードで、横軸が高低差です。

グラフの青○が実測値です。青○にカーソルを当てると、データ番号が表示されます。画面の下に表がありますが、その No 欄の数字とデータ番号が対応します。

青○を近似する直線が緑の線です。青○のスピードと直線上のスピードの差を2乗し、各点での合計を求めた際、その合計値が最小になるように直線を決めています。

スピードの予測式

緑の直線の式です。

分散比とF値の比較

スピードの予測式の有意性を分散分析し、危険率1%でF検定した結果です。危険率1%で有意でないときは危険率5%の値で表示します。

分散分析表

前述の検定に使った値の表です。

言葉の意味を簡単に記します。詳しくは統計の教科書をご覧ください。

なお、 $2.30E-02$ という表示は 2.3×10^{-2} の意味で、Eの後ろの数字は10の累乗の指数です。

□ 変動： 回帰変動、残差変動、全体の変動すなわち全変動があります。

- ・全変動：スピード実測値と実測スピードの平均値の差を2乗して、各点の合計を求めたものです。
- ・回帰変動：説明変数の実測値を予測式に代入してスピード予測値を求めます。次にスピード予測値の平均値を求めます。こうしてスピード予測値とスピード予測値平均の差を2乗して、各点の合計を求めたものです。これが回帰変動です。
- ・残差変動：スピード実測値とスピード予測値の差を2乗して、各点の合計を求めたものです。式を変形すると、全変動から回帰変動を差引いた値になります。

□ 自由度： 任意に変化しうるデータの数を言い、ここでは変動を求めた際の平均値を固定したときに何個のデータを任意に変えることができるかを表しています。

- ・全変動の自由度：測定データの件数から1を差引いた値です。
- ・回帰変動の自由度：説明変数の個数です。本分析では1です。
- ・残差変動の自由度：全変動の自由度から回帰変動の自由度を差引いた値です。

□ 不偏分散：母集団の分散の推定量で、変動量を自由度で割った値です。

- ・全体の不偏分散：全変動をその自由度で割った値です。
- ・回帰の不偏分散：自由度が1なので回帰変動に等しくなります。
- ・残差の不偏分散：残差変動をその自由度で割った値です。

□ 分散比：回帰の不偏分散を残差の不偏分散で割った値です。1自由度当りの変動の比になります。この値が大であればあるほど、実測スピードの変動が予測式で説明できていると言えます。分散比はF分布をすることが知られており、F検定はその応用です。

実測と予測スピードの相関および決定係数

□ 相関：実測スピードと予測スピードの相関係数です。

□ 決定係数： $1 - \text{残差の不偏分散} / \text{全体の不偏分散}$ です。

回帰による変動が全変動に対してどんな割合を示しているか、という指標を、不偏分散を使って表したもので、自由度調整済決定係数と言われます。回帰直線のあてはめ程度を評価するには、相関が0.8以上、決定係数は0.7以上が適合とされています。

距離[m]

タイムに対応する距離です。初期値100mが入っています。

測定時の距離を入力して下さい。

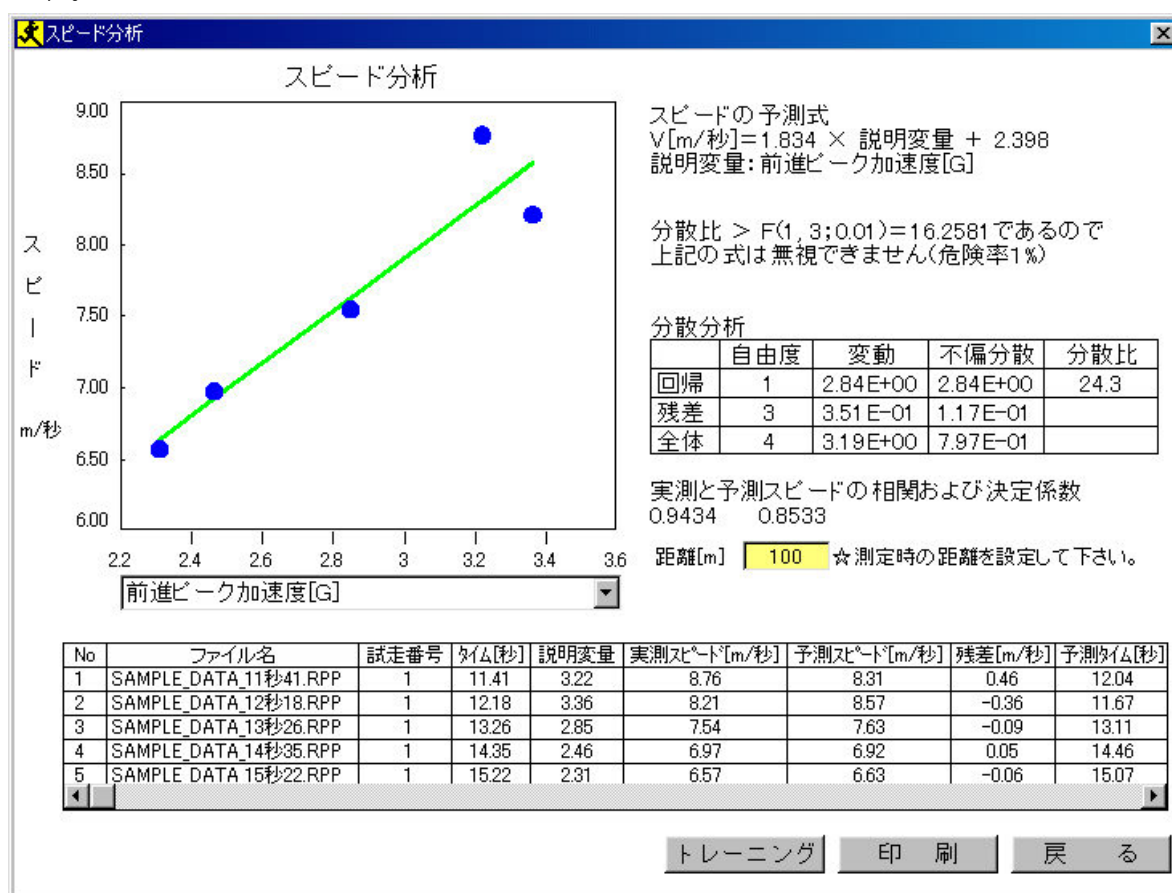
データの表

データの選択およびタイム入力で選ばれたデータの一覧です。
以下の列があります。

- ・No
- ・ファイル名
- ・試走番号
- ・タイム[秒] 入力値です。
- ・説明変量 説明変量の実測値です。
- ・実測スピード 距離をタイムで割った値です。
- ・予測スピード 回帰式に説明変量を代入して求めた予測値です。
- ・残差 実測スピード - 予測スピード です。
- ・予測タイム 距離を予測スピードで割った値です。

10.4 前進ピーク加速度での分析

この画面では、スピードの変化を前進ピーク加速度の一次式で説明できる否か、を検討します。



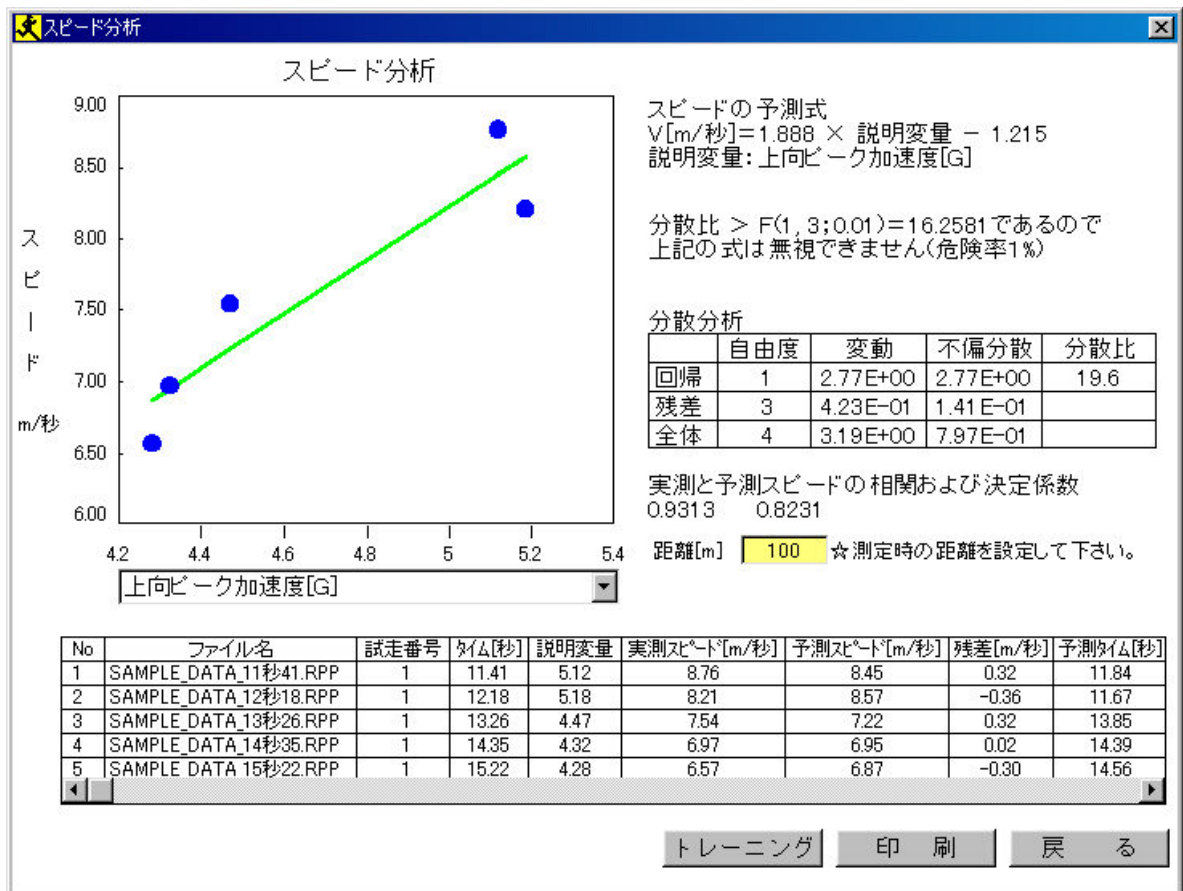
グラフの下に説明変量の選択リストがあります。ここで「前進ピーク加速度」を選択するとこの画面が表示されます。

表示項目は 前節10.3と同様です。

予測式が「無視できません」となっている場合、「トレーニング」ボタンが表示されます。

10.5 上向ピーク加速度での分析

この画面では、スピードの変化を上向ピーク加速度の一次式で説明できる否か、を検討します。

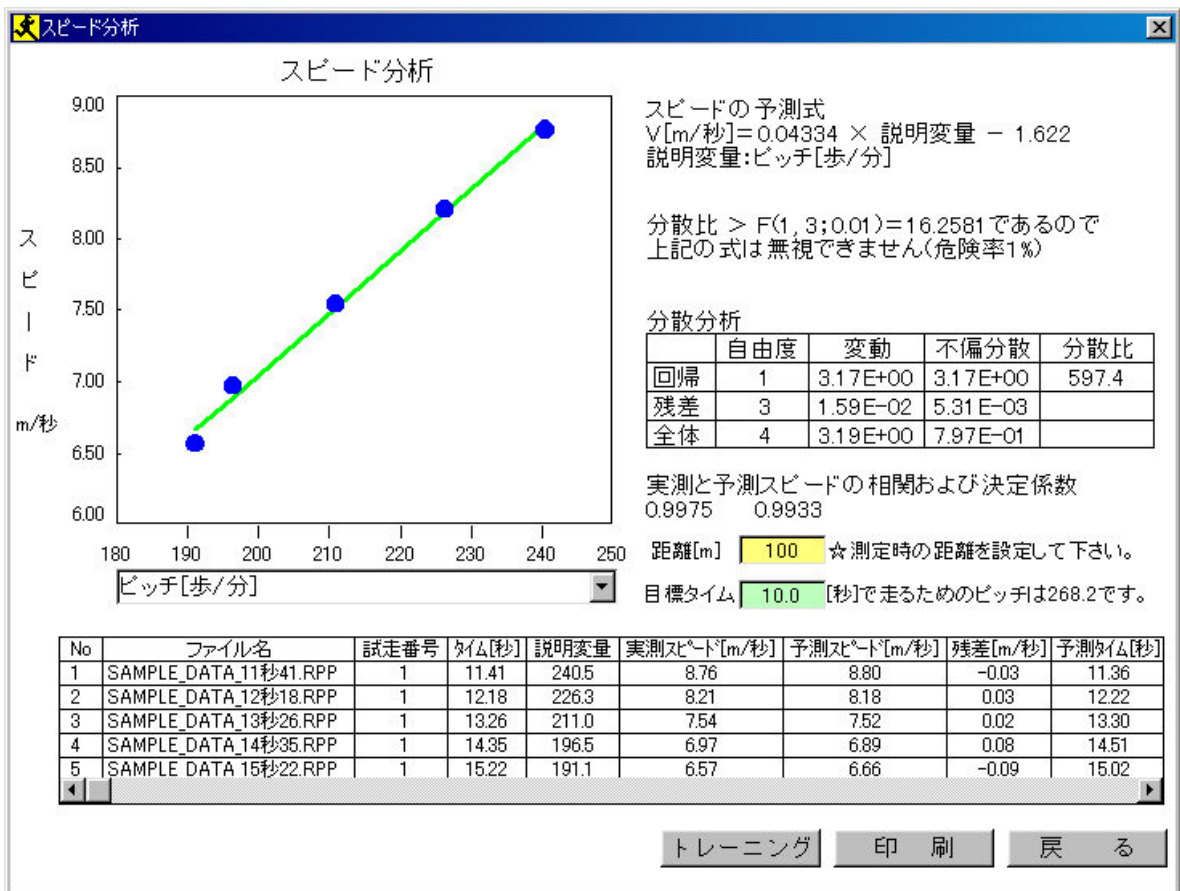


グラフの下に説明変量の選択リストがあります。ここで「上向ピーク加速度」を選択すると、この画面が表示されます。

表示項目は 前節10.3と同様です。

10.6 ピッチによるスピード分析

この画面では、スピードの変化をピッチの一次式で説明できる否か、を検討します。



グラフの下に説明変量の選択リストがあります。ここで「ピッチ[歩/分]」を選択すると、この画面が表示されます。

表示項目は 前節10.3と同様ですが、目標タイム欄が加わっています。

目標タイム

予測式が「無視できません」となっている場合、目標タイムの行が表示されます。

目標タイムを入力すると、ピッチが表示されます。

このピッチをメトロノームピッチに設定すると、スピードの確保に役立ちます。